

Kogenerační jednotky a jejich využití

Cogeneration Units and Their Use

Radek Dunko

Bakalářská práce

Vedoucí práce: doc. Ing. Petr Krejčí, Ph.D.

Ostrava, 2021

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá kogeneračními jednotkami a následné využití v různých místech možné instalace. Práce je rozdělena na několik částí. V prvních dvou částí je vysvětlen princip, fungování kogeneračních jednotek a jsou zde uvedeny některé kogenerační jednotky, které můžeme dnes vidět na trhu. Hlavní částí je zaměřena na ekonomickou rozvahu o pořízení a provozu kogenerační jednotky. V poslední části je zmínka o zeleném bonusu a pár příkladů nainstalovaných kogeneračních jednotek v ČR.

Klíčová slova

Kogenerace; kogenerační jednotka; tepelná energie

Abstract

The bachelor's thesis deals with cogeneration units and other uses in various places of possible installation. The work is divided into several parts. The first two parts explain the principle, operation of cogeneration units and there are other cogeneration units that we must see on the market today. The main part is focused on the economic balance of the equipment and operation of the cogeneration unit. The last part mentions the green bonus and a few examples of installed cogeneration units in the Czech Republic.

Keywords

Cogeneration; cogeneration unit; thermal energy

Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů	6
Seznam obrázků	7
Seznam tabulek	8
Úvod	8
1. Kogenerace.....	9
1.1. Dělení kogenerace.....	9
1.2. Druhy paliva pro kogenerační jednotky	10
1.3. Kogenerační jednotka.....	11
1.3.1. Klasické kogenerační jednotky	11
1.3.1.1. Princip.....	11
1.3.1.2. Kogenerační jednotka - Spalovací motor	11
1.3.1.3. Kogenerační jednotka - Parní turbína.....	12
1.4. Výhody a nevýhody kogeneračních jednotek	14
1.4.1. Výhody kogeneračních jednotek.....	14
1.4.2. Nevýhody kogeneračních jednotek.....	14
1.5. Možnosti využití kogeneračních jednotek.....	15
1.6. Moderní kogenerační jednotky	16
1.6.1. Palivový článěk	16
1.6.1.1. Kogenerační jednotka s palivovým článkem (Vitovalor PT2)	16
1.6.2. Spalovací turbína	18
1.6.2.1. Kogenerační jednotka se spalovací turbínou OP16.....	18
1.6.3. Stirlingův motor.....	20
1.6.3.1. Kogenerační jednotka s Stirlingovým motorem (Vitivin 300W).....	21
2. Kogenerační jednotka jako zdroj elektrické energie	23
2.1. Zdroj elektrické energie.....	23
2.2. Výrobci kogeneračních jednotek.....	23
3. Požadavky k pořízení kogenerační jednotky	25
3.1. Pořízení kogenerační jednotky	25
3.2. Zákony a vyhlášky spojené s.....	25
4. Ekonomická rozvaha pořízení a provozu kogenerační jednotky	26
4.1. Popis simulované budovy.....	26
4.2. Výběr kogenerační jednotky.....	26
4.3. Výpočty chodu kogenerační jednotky	26

4.3.1.	Doba chodu pro dosažení požadované elektrické energie (1. CP25WE-TNB),(2. Micro 30).	26
4.3.2.	Doba chodu pro dosažení požadované tepelné energie (1. CP25WE-TNB),(2. Micro 30) ...	27
4.3.3.	Roční výroba elektrické energie (1. CP25WE-TNB), (2. Micro 30).....	27
4.3.5.	Náklady spojené s dodávkou paliva pro kogenerační jednotku.....	27
4.3.6.	Roční náklady pro rodinný dům za energie.....	28
4.3.7.	Prodej přebytečné elektrické energie	28
4.3.8.	Celkový pohled na roční platby	28
5.	Roční zelené bonusy pro elektřinu z kombinované výroby elektřiny a tepla (KVET)	29
6.	Instalované kogenerační jednotky v ČR	31
6.1.	Kogenerační jednotka v Novém Boru.....	31
6.2.	Kognerační jednotka v Lišově	31
6.3.	Kogenerační jednotka v Chrastavy	31
7.	Závěr	33
	Seznam použité literatury	34

Seznam použitých zkratk a symbolů

P_{el}	<i>Elektrický výkon kogenerační jednotky (kWh)</i>
P_{tep}	<i>Tepelný výkon kogenerační jednotky (kWh)</i>
S_{el}	<i>Spotřeba elektrické energie domu (kWh)</i>
S_{tep}	<i>Spotřeba tepelné energie domu (kWh)</i>
ℓ_K	<i>Spotřeba paliva kogenerační jednotky (m^3/h)</i>
t_K	<i>Doba chodu kogenerační jednotky (h)</i>
$P_{pře}$	<i>Přebytek elektrické energie</i>
C_{zb}	<i>Celková výše podpory na elektřinu z KVET</i>
E_{kvet}	<i>Množství elektřiny z KVET</i>
$ZB_{zakl.sazba}$	<i>Základní sazba zeleného bonusu</i>
$ZB_{dopl.sazba}$	<i>Doplňková sazba k základní sazbě zeleného bonusu</i>

Seznam obrázků

Obrázek 1 Schéma kogenerační jednotky s motorem [32]	12
Obrázek 2 Schéma kogenerační jednotky s protitlakovou turbínou [2]	13
Obrázek 3 Schéma kogenerační jednotky s kondenzační turbínou [2]	13
Obrázek 4 Porovnání účinnosti kogenerační jednotky a elektráren [33].....	14
Obrázek 5 Palivový článek	16
Obrázek 6 Vnitřní rozložení Vitovalor PT2	17
Obrázek 7 Kogenerační jednotka Vitovalor PT2	17
Obrázek 8 Schéma kogenerační jednotky se spalovací turbínou	18
Obrázek 9 Kogenerační jednotka se spalovací turbínou OP16 [19]	19
Obrázek 10 Spalovací turbína 9F od společnosti GE [34]	19
Obrázek 11 Kogenerační jednotka s Stirlingovým motorem [10]	20
Obrázek 12 Konstrukce Stirlingova motoru [18]	21
Obrázek 13 Kondenzační jednotka Vitotwin 300-W [18]	22
Obrázek 14 Vnitřní složení kogenerační jednotky Vitotwin 300 [18].....	22
Obrázek 15 Kogenerační jednotka Micro od firmy TEDOM	24
Obrázek 16 Výše cen tepla od roku 2013 v městě Chrastava [26]	32
Obrázek 17 Kogenerační jednotka ve městě Chrastava	32

Seznam tabulek

Tabulka 1 Kogenerační jednotky na zemní plyn.....	23
Tabulka 2 Kogenerační jednotky na bioplyn	24
Tabulka 3 Vybrané kogenerační jednotky.....	26
Tabulka 4 Souhrn výsledků pro kogenerační jednotky	28
Tabulka 5 Souhrn nákladů pro rodinný dům.....	28
Tabulka 6 Výkupní ceny a roční zelené bonusy na elektřinu pro spalování bioplynu, skládkového plynu, kalového plynu a důlního plynu z uzavřených dolů:	29
Tabulka 7 Základní sazba ročního zeleného bonusu na elektřinu z KVET pro výrobu elektřiny s celkovým instalovaným výkonem kogeneračních jednotek do 5 MWe [24]	30
Tabulka 8 Doplnková sazba k základní sazbě ročního zeleného bonusu za veškerou elektřinu z KVET [24]	30

Úvod

V současnosti se elektrická energie a tepelná energie vyrábí převážně pomocí fosilních paliv a obnovitelných zdrojů. Elektrická energie se nejčastěji vyrábí v elektrárnách uhelných, jaderných či v elektrárnách využívající zdroje obnovitelné.

Teplo, které při výrobě vznikne, se dále využije k vytopu nejbližších domácností a továren nebo je odváděno přes chladicí věže do ovzduší. Efektivnější výroba elektrické energie a tepla, která dokáže využít až 95 % dodaného paliva a přeměnit ho na elektrickou energii a teplo, je pomocí kogeneračních jednotek. [1]

Kogenerační jednotky využívají pro svůj pohon Stirlingovy motory, spalovací motory, mikroturbíny, palivové články. Hlavní složkou pro pohon kogeneračních jednotek je palivo v podobě plynné: bioplyn, zemní plyn, paliva kapalného benzín, nafta nebo paliva pevného dřevo, uhlí. [2]

Kogenerační jednotky je možné instalovat do rodinných domů až do průmyslových továren. Stát podporuje nezávislé výrobce energie a připisuje státní příspěvek uživatelům ekologické energie z kogenerace. Využití kogeneračních jednotek je výhodná, tedy z hlediska podpory od státu a případného prodeje elektrické energie do distribuční sítě.

1. Kogenerace

Kogenerace je současná výroba elektrické energie a tepla (tepelné energie). Název se u nás začal používat v počátku 90 let jako počestění mezinárodně používaného termínu „co-generation“.[3] Je to nejvíce efektivní způsob využití tepla uvolněného při spalovacím procesu.

Princip kogenerace spočívá ve využití tepla, které by jinak nemělo dalšího užitku. Toto teplo, vyprodukované v dané kogenerační jednotce se spotřebuje v místě vzniku. Používá se k vytápění objektů v podobě rodinných domácností, velkoobchodů nebo továrenských areálů a k ohřevu teplé vody.

Použití kogenerace se sníží spotřeba primárních energetických zdrojů a zmenší se množství škodlivin v podobě emisí vznikající při transformaci primárních energetických zdrojů do požadovaných forem energií.[2]

1.1.Dělení kogenerace

- a) Podle výkonu
 - a) Mikrokogenerace do 50 kWe
 - b) Kogenerace malého výkonu do 1 MWe
 - c) Kogenerace středního výkonu do 50 MWe
 - d) Kogenerace velkých výkonů nad 50 MWe
- b) Podle paliva
 - a) Zemní plyn
 - b) Bioplyn
 - c) Nafta
 - d) Dřevo
- c) Podle technologie
 - a) Spalovací motor
 - b) Parní turbína
 - c) Palivové články
 - d) Spalovací turbína
 - e) Stirlingův motor
- d) Podle druhu provozu
 - a) Paralelní provoz se sítí - kogenerační jednotka dodává elektřinu do nadřazené distribuční soustavy
 - b) Ostrovní provoz - kogenerační jednotka pracuje autonomně bez připojení na nadřazenou distribuční soustavu, dodává elektřinu pro vlastní spotřebu odběratele
 - c) Nouzový provoz - nouzovém provozu plní jednotka funkci záložního zdroje
- e) Podle důvodu
 - a) Záložní
 - b) Špičkový
 - c) Základní

1.2.Druhy paliva pro kogenerační jednotky

Druh možného paliva pro kogenerační jednotku se volí podle několika kritérií. Dostupnost paliva, cenu za daný druh paliva, náklady za dopravu a případné skladování, patřičná úprava (zemní plyn u palivových článků).

Tuhá paliva

Mezi hlavní představitele tuhých paliv patří uhlí. Hořlavá část paliva se skládá z uhlíku, vodíku a síry. Jejich oxidací (spálením) se uvolňuje teplo. Nevýhodou je potřeba velkého objemu paliva pro získání poměrně malého obsahu energie obsaženého v palivu. Výhodou je nízká cena a dobrá dostupnost.

Kapalná paliva

Základní surovinou pro výrobu kapalných paliv je ropa. Destilací ropy se získávají různé frakce odlišné bodem varu. Mezi tyto frakce patří extra lehké, lehké a těžké topné oleje. Těžkým topným olejům se také někdy říká mazut nebo topná nafta. Kapalná paliva mají vysoký energetický obsah. Při jejich optimálním spalování vzniká méně emisí než při spalování tuhých paliv. Nevýhodou kapalných paliv jsou vysoké nároky na skladování z hlediska bezpečnosti, např. pro případ požáru [2].

Plynná paliva

Mezi plynná paliva patří každý plyn, který obsahuje hořlavé složky jako je vodík, plynné uhlovodíky, oxid uhelnatý a případně jiné složky. Výhodou plynného paliva je dokonalé promísení vzduchu s plynem před spalováním. Snadnou regulací dodávky vzduchu lze docílit omezení vzniku nespalitelných částic ve formě sazí. Plynné palivo nemá konstantní objem, je závislý na teplotě a tlaku. Proto se přepočítává na normální fyzikální podmínky, což je teplota 0 °C a tlak 101,325 kPa. Plynná paliva (zemní plyn) v sobě obsahují minimální množství sloučenin síry a dusíku, což vede ke snížení produkce škodlivých látek do ovzduší. Složkou plynu může být vlhkost, která podporuje korozi, proto je žádoucí obsah vlhkosti snižovat. Při spalování paliva je důležité využívat dokonalé spalování s dostatečným příívodem kyslíku. Při nedokonalém spalování je tepelný efekt reakce přibližně třetinový

1.3.Kogenerační jednotka

Kogenerační jednotka je zařízení, ve které dochází k výrobě nejen elektrické energie ale i k výrobě energie tepelné. Každý kogenerační zdroj je složen z těchto komponentů: motor, elektrický alternátor, kotle nebo výměníků tepla a kontrolního, řídicího systému.

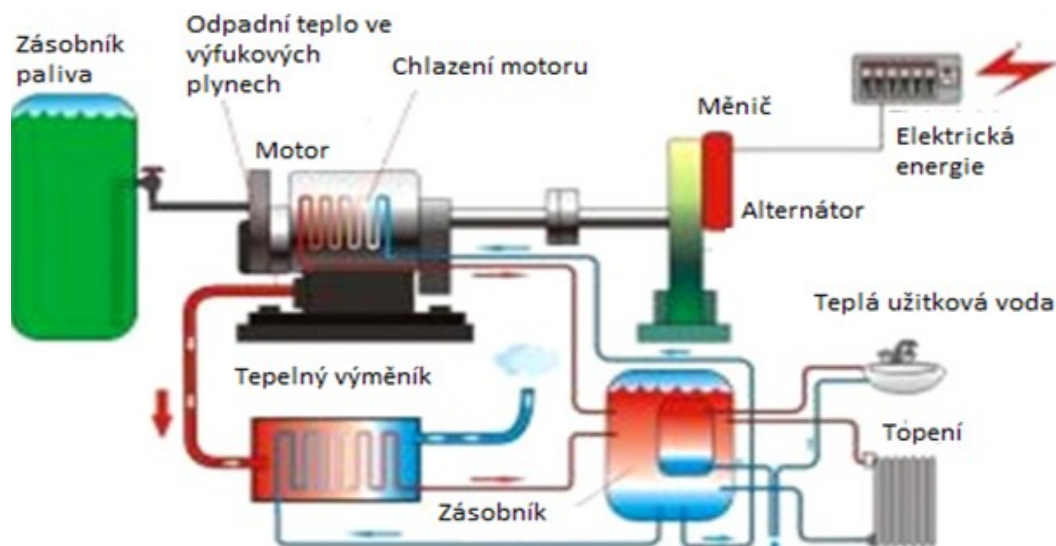
1.3.1. Klasické kogenerační jednotky

1.3.1.1. Princip

Princip kogeneračních jednotek je nepřímá přeměna jedné energie na jinou energii. V našem případě se jedná o přeměnu tepelné energie na mechanické energii a tepelnou a následně na elektrickou z mechanické energii. Hlavní procesy se tedy odehrávají v oblasti motoru nebo kotli či spalovací turbíně. Zde dochází ke spalování určitého druhu paliva, na které je příslušné zařízení dimenzováno. Uvolněné teplo je dále využito, jako hlavní zdroj tepla pro topení v objektech a ohřívání užitkové vody. Narozdíl oproti uhelným a jaderným elektrárnám, kde dochází k uvolňování tepla přes chladicí věže do ovzduší.

1.3.1.2. Kogenerační jednotka - Spalovací motor

Motor je srdcem kogeneračního systému. Tento motor slouží k napájení elektrickým proudem, tak i k vytápění domu. V motoru dochází k reakci mezi směsí plynu (paliva) a kyslíku, směs komprimuje a při zapálení jiskry se explozivně spaluje. Při spalování vnikají dvě energie. Pohybová, která vznikne otáčením válců v motoru a tepelná energie. Pohybová energie je přes mechanické spojení společné hřídele přenášena na generátor. Hřídel roztáčí generátor. Generátor poté pohybovou energii přemění na elektrickou energii. Při chodu motoru dochází k zahřívání. Motor produkuje dvě tepelné energie. Odpadní teplo z motoru při chodu a horké výfukové plyny. Odpadní teplo za pomoci chlazení ve vodním okruhu (koloběhu média), přenáší teplo, které vytvoří motoru za chodu, do topného systému. Teplé výfukové plyny jsou vedeny do teplotního výměníku, kde předají jejich tepelnou energii. Teplo je následně vedeno médiem na topná tělesa v objektu a také slouží k ohřátí užitkové vody (teplá voda). Kogenerační jednotka se spalovacím motorem používá ve svém procesu různé druhy paliv: zemní plyn, bioplyn, biopalivo, bioethanol, rostlinný olej, topný olej a nafta. Jsou řazeny do skupiny tzv. malých kogeneračních jednotek s výkonem pohybujícím od desítek kW až jednotky MW. Kogenerační jednotky se spalovacím motorem jsou nejefektivnější a nejběžnější způsob výroby elektřiny a tepla. Účinnost těchto jednotek se pohybuje od 60 až do 85 % [10]. Nevýhodou však je velký důraz na kvalitu paliva, protože se spaluje přímo v motoru.



Obrázek 1 Schéma kogenerační jednotky s motorem [32]

1.3.1.3. Kogenerační jednotka - Parní turbína

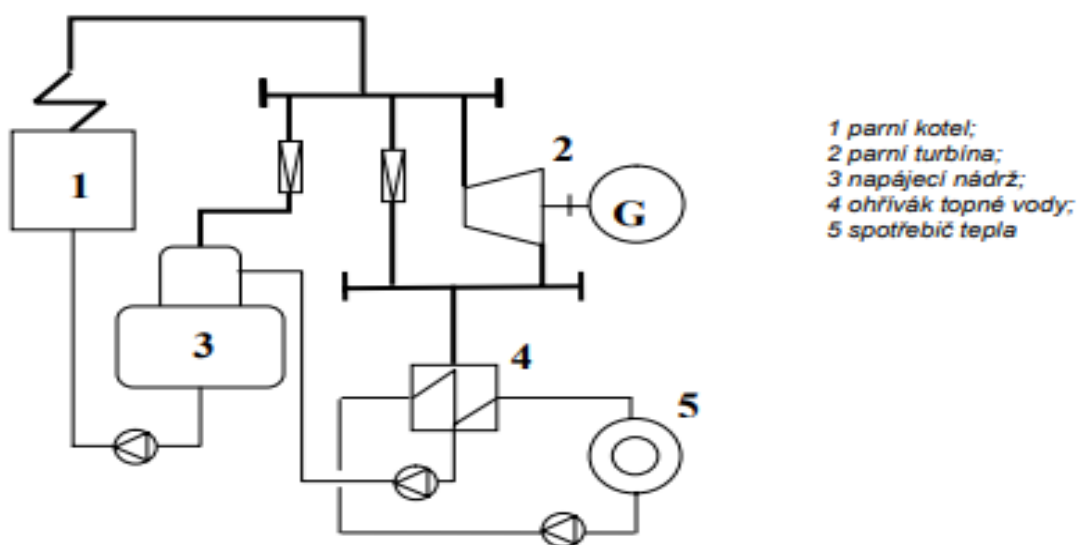
Při použití kotle a turbíny dojde nejprve k spálení paliva. Následné teplo vyprodukované v kotli ohřívá médium, nejčastěji vodu, a dochází k vytvoření páry. Pára je poté přivedena na turbínu (protitlaková nebo kondenzační), která je mechanicky spojena s generátorem. Při průchodu páry turbínou, se turbína roztočí, vlivem rozdílu tlaku páry před a za turbínou. Generátor mechanickou energii přemění (pohybovou energii) na energii elektrickou. Pára dále putuje do kondenzátoru, kde kondenzuje a celý proces oběhu média se opakuje. V kondenzátoru nashromážděné teplo putuje do topných těles a poslouží i k ohřevu vody. Účinnost se pohybuje v rozmezí 70-91 %

Výhody kogeneračních jednotek s parní turbínou:

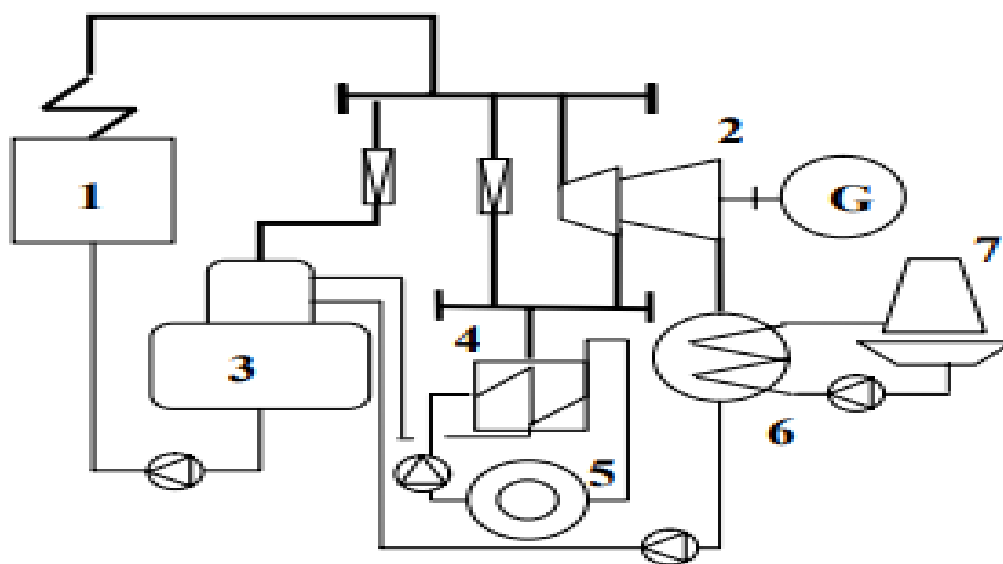
- Lze použít libovolné palivo - biomasa, uhlí, dřevo
- Velká životnost
- Teplo se využívá k ohřevu vody
- Vysoká účinnost cyklu, žádné teplo není v kondenzátoru vypouštěno do okolí (protitlaková turbína)

Nevýhody kogeneračních jednotek s parní turbínou:

- Velké prvotní náklady
- Malý poměr mezi elektrickým a tepelným výkonem
- Pomalé najíždění jednotky
- Nižší účinnost energetické přeměny (kondenzační turbína)



Obrázek 2 Schéma kogenerační jednotky s protitlakovou turbínou [2]



Obrázek 3 Schéma kogenerační jednotky s kondenzační turbínou [2]

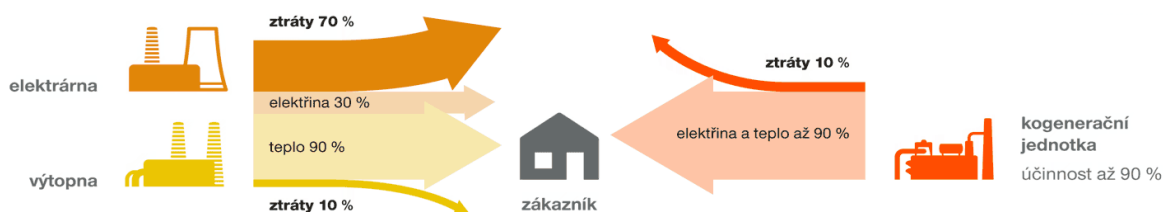
1.4. Výhody a nevýhody kogeneračních jednotek

1.4.1. Výhody kogeneračních jednotek

Hlavním kladem kogenerace je výrazně vyšší účinnost využití energie, které je obsažené v palivu. Účinnost moderních kogeneračních jednotek se dnes pohybují okolo 85 až 95 %. S vyšší účinností je spojena úspora dodávaného paliva. Díky velkému rozmezí výkonů, který se pohybuje od jednotek kW až po stovky MW, může si spotřebitel zvolit patřičný typ pro instalaci. Kogenerační jednotky přinášejí výhody nejen pro spotřebitele ale i pro životní prostředí.

Další výhody [4][13]

- Snížení emisí skleníkových plynů i CO₂
- Zvýšení celkové účinnosti primárního paliva
- Vysoké úspory paliva
- Snížení nákladů na výrobu elektrické energie a tepla
- Zvýšení zabezpečení dodávek energie v dané lokalitě
- Spolehlivější dodávka energií
- Přebytky vyrobené elektrické energie může výrobce prodávat do rozvodné sítě
- Nízké náklady na výrobu elektřiny a tepla



Obrázek 4 Porovnání účinnosti kogenerační jednotky a elektráren [33]

1.4.2. Nevýhody kogeneračních jednotek

- Poměrně vysoké investiční náklady (bez podpory státu)
- Návratnost vloženého kapitálu závisí na využití vyrobené elektrické energie a tepla
- Možný zdroj nežádoucího hluku

1.5. Možnosti využití kogeneračních jednotek

- a) v teplárnách s lokálními i dálkovými dodávkami tepla

Kogenerační jednotky zde plní možnou funkci přehřívání topné vody nebo k pomoci výrobě teplé páry, která dále putuje do částí turbíny.

- b) v zařízení volného času (v krytých plovárnách, na sportovišti,...)

Na dlouhodobý časový provoz těchto zařízení lze pomýšlet na využití kogeneračních jednotek, jako vhodný zdroj pro ohřev vody, které se využívá v části krytého či venkovního bazénu samotného nebo pro ohřev vody v umývárkách, což se částečně využije tepla týče. Elektrickou spotřebu by využili pro pohánění vodních čerpadel, boilerů nebo pro samotné osvětlení části či celého komplexu.

- c) ve veřejných budovách (administrativní budovy, ve školách, v nemocnicích, v domovech pro seniory,...)

Veřejné budovy s prioritou dodávek elektrické energie a tepelné energie, jsou více ohrožené při kolapsu těchto dodávek. Například v nemocnicích by mohlo dojít na újmách na zdraví. Proto je potřeba myslet na náhradní zdroje, které by sloužily jako pojistka, při možném výpadku. V tomto ohledu jsou kogenerační jednotky vhodným zdrojem elektrické a tepelné energie.

- d) v zařízeních služeb (v nákupních centrech, v hotelech, v restauracích,...)

V obchodních centrech jejich častým a předem očekávaným provozem, lze smýšlet na velmi vhodném využití kogeneračních jednotek. Nejčastější spotřeba potřebné elektrické energie se uplatňuje pro chod ventilačního celku. Teplo pro vytápění celého objektu.

- e) v průmyslových podnicích

- f) jako záložní zdroj elektrické energie

Při náhlém výpadku (zkratu, blackoutu), umožňují kogenerační jednotky částečně pokrýt potřebnou shánku po elektrické energii a nebo k rozběhu jednotlivých elektrárenských bloků. Pro tyto účely se také používají vodní elektrárny, které nejsou závislé na dodávce elektrické energie.

- g) na skládkách komunálního odpadu

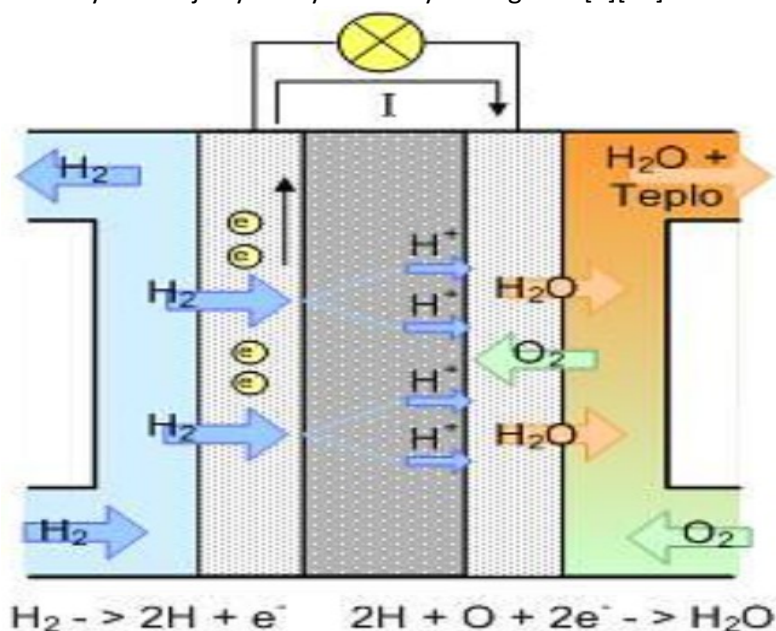
Na skládkách vzniká při přirozeném rozkladu materiálu plyn, který lze využít jako palivo, pro výrobu tepla. Teplo skládky mohou dále využít pro podporu urychlení rozkladu a pro ohřev nedalekých objektů. Elektrickou energii buď sami spotřebují nebo ji prodají do sítě, kde bude dále využita.

- h) v objektech, kde se současně využívá teplo pro vytápění a elektřinu

1.6.Moderní kogenerační jednoty

1.6.1. Palivový článek

Každý elektrochemický palivový článek musí obsahovat dvě elektrody (katodu a anodu). Mezi katodou a anodou se nachází membrána. Do článku je dále přiváděno okysličovadlo v podobě kyslíku (O_2) a palivo v podobě čistého hélia (H_2) nebo nepřímé zdroje vodíku (zemní plyn, methan, methanol), vodík se u nich nejprve musí separovat. Palivo je díky katalyticky aktivnímu povrchu elektrody štěpeno na elementární částice (protony a elektrony). Membrána nebo elektrolyt je schopný propustit pouze protony (kladně nabitě částice H^+) a elektrony (záporně nabitě částice O_2) jsou tak usměrněny přes vodivý okruh, díky čemuž je generován proud. Během reakce vzniká také odpadní teplo. Účinnost se pohybuje do 90 %. Nevýhodou je neekonomičnost paliva, které se běžně v přírodě nevyskytuje, doba životnosti a jedna z největších nevýhod vodíku je jeho výbušnost. Palivový článek je výhodný ze strany ekologické. [7][10]

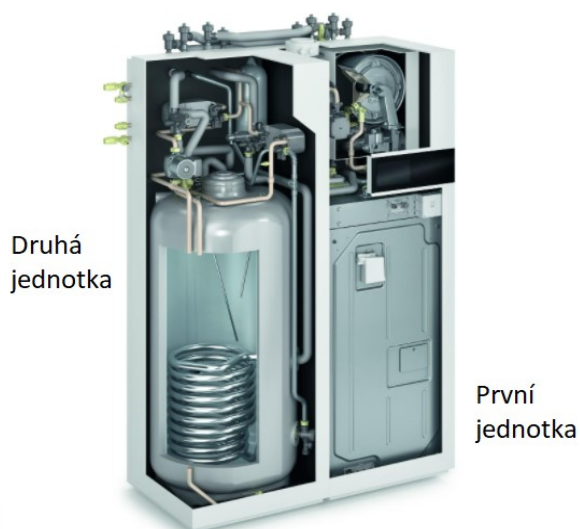


Obrázek 5 Palivový článek

1.6.1.1. Kogenerační jednotka s palivovým článkem (Vitovalor PT2)

Vitovalor PT2 se skládá ze dvou jednotek: modulu palivového článku a modulu pro kondenzaci plynu. Tento typ kogeneračních jednotek je vhodným pro umístění do rodinné domy. První jednotka slouží k přeměně a řízení výroby elektrické energie a tepla. Je zde uloženo plynový kondenzační kotel, reformátor (zařízení kde se ze zemního plynu separuje vodík), střídač a soubor palivových článků, kde probíhá reakce. Palivové články vygenerují stejnosměrný proud, ten je odveden do střídače kde se přemění na střídavý proud a je dále přiveden do napájecího obvodu v domácnosti. Druhá jednotka slouží k zajištění tepla. Jedná se o zásobu 220 l teplé vody, která slouží k pokrytí potřeby v době špičkové poptávky. V jednotce je zásobník teplé vody, výměník tepla, plynové palivové články, akumulačního zásobníku topné vody s integrovanou nepřímou spirálou, hydraulické součásti, řídicí jednotka a elektroměr. Obě jednotky jsou připojeny na

jednotný plynovod. Mají společný systém pro odvod spalin. Díky tomu lze snadněji instalovat kogenerační jednotku do technické místnosti v domě. Výroba tepla a elektrické energie v zařízení s palivovými články je založena na elektrochemické reakci mezi dvěma prvky: kyslíkem a vodíkem. Vodík je získáván ze zemního plynu kdy zemní plyn prochází reformátorem, kde dochází k separaci vodíku ze zemního plynu. Konstantní elektrický výkon modulu palivových je 750 W. Lze k Vitovalor PT2 připojit systém pro ukládání elektrické energie, která bude dle potřeby využita v době špičkového zatížení (době špičky). Nebo přebytečnou energii exportovat do sítě. [18]



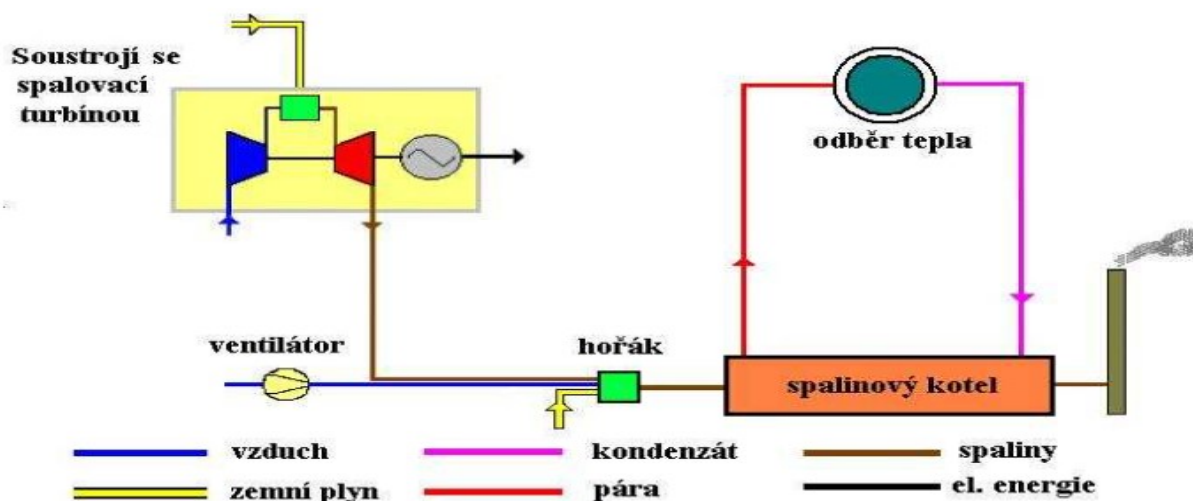
Obrázek 6 Vnitřní rozložení Vitovalor PT2



Obrázek 7 Kogenerační jednotka Vitovalor PT2

1.6.2. Spalovací turbína

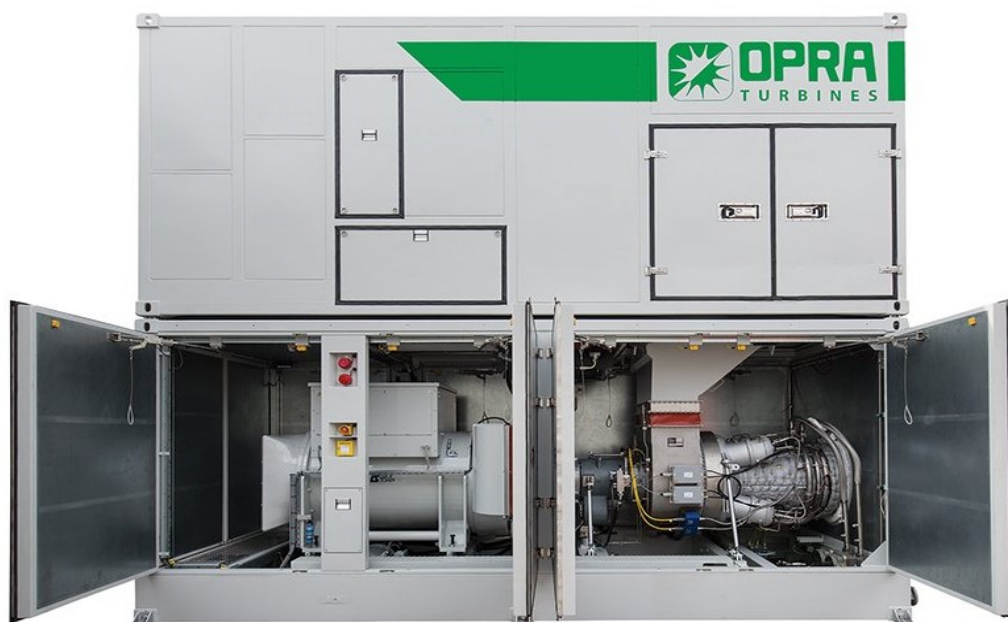
Spalovací turbína je nejčastěji složena z kompresoru, spalovací komory, plynové turbíny, generátoru a případně pomocná zařízení. Princip spočívá z nasávání vzduchu přes kompresor. Stlačí vzduch na požadovaný tlak a přivede tak upravený vzduch do spalovací komory. Zde se spaluje palivo s proudícím vzduchem. Teplé spaliny putují přes plynovou turbínu a otáčením lopatek turbíny se otáčí i generátor. Turbína a generátor jsou spojeni hřídelí. Generátor produkuje elektrickou energii. Spaliny, které odevzdaly energii lopatkám putují do spalovací komory kde předají zbytkové teplo. Teplo je pomocí média dodáváno do topných těles nebo do zásobníku s vodou, který ohřívá. Kogenerační jednotka obsahu všechny výše uvedené komponenty: generátor, spalovací motor (zde v provedení spalovací turbíny), tepelný systém, nádrž s palivem nebo jeho přívod, rozvaděč a řídicí systém. Elektrický výkon u spalovacích turbín se pohybuje v rozmezí od 500kWe až 250MWe. Výstupní teplota spalin se pohybuje kolem 450-500°C.



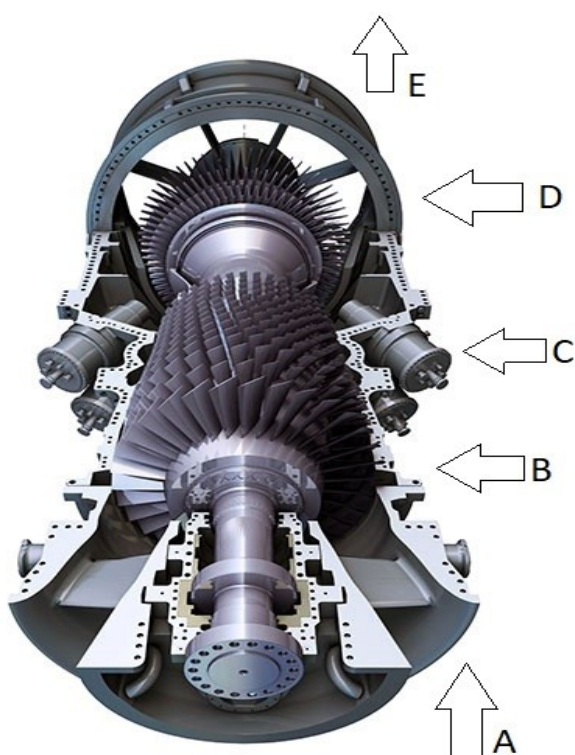
Obrázek 8 Schéma kogenerační jednotky se spalovací turbínou

1.6.2.1. Kogenerační jednotka se spalovací turbínou OP16

Kogenerační jednotka se skládá ze dvou kontejnerů umístěných nad sebou. Vrchní díl obsahuje filtrační systém a ve spodním je uložena plynová turbína OP16, převodovka, generátor a řídicí jednotka. V kogenerační jednotce se spaluje bioplyn, který slouží k přeměně na elektrickou a tepelnou energii. Spalovací turbína umožňuje použití nízkých vstupních tlaků paliva a vzduchu. Výkon kogenerační turbíny se pohybuje od 1500 až 2100 kWe. Umožňuje instalaci ve všech povětrnostních podmínkách v oblastech pobřežních plošinách, námořních instalací. [19]



Obrázek 9 Kogenerační jednotka se spalovací turbínou OP16 [19]



Obrázek 10 Spalovací turbína 9F od společnosti GE [34]

A vstup vzduchu **B** kompresor **C** spalovací komora **D** turbína **E** výstup teplých spalin [17]

1.6.3. Stirlingův motor

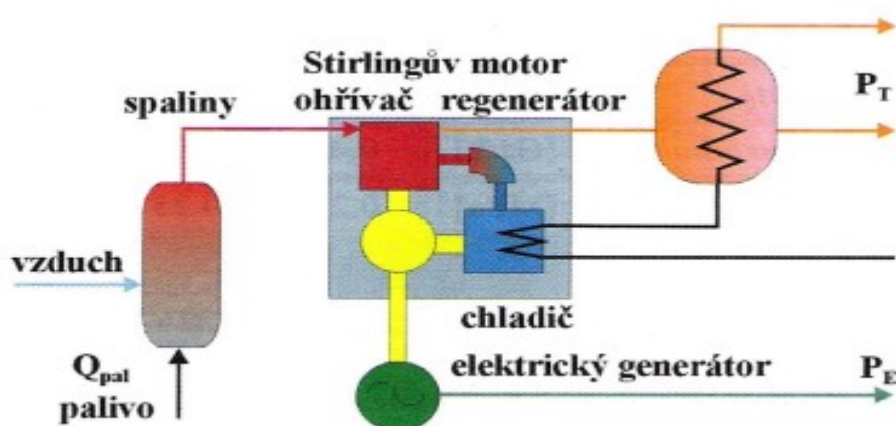
Stirlingův motor je pístový motor s vnějším spalováním. Pracuje s cyklickým stlačováním plynu ve studené části, tato část je chlazená a expanzí vzduchu nebo jiného plynu v teplé části, tato část je udržována na vysoké teplotě. Ve Stirlingově motoru se mění tepelná energie na mechanickou energii. Nejčastější plyny pro práci v motoru je helium, dusík nebo CO₂ a vzduch. Většina pracovního plynu je v horkém válci a má větší kontakt se stěnami horkého válce. To má za následek celkové zahřátí plynu. Jeho tlak se zvyšuje a plyn expanduje. Ve studené části dochází ke ochlazení plynu a snížení tlaku, dochází ke kompresi. Plyn je střídavě stlačován v studeném válci (kompresní prostor) a expanduje v horkém válci. Teplo je přiváděno do okruhu z vnějšího zdroje přes tepelný výměník (ohřívač). Teplo, které není přeměněno na technickou práci hřídele, je odváděno chladicí vodou ve studeném tepelném výměníku (chladiči). Plyn se přenáší z horké zóny do chladiče a zpět pomocí regenerátoru. [10]

Výhody Stirlingova motoru:

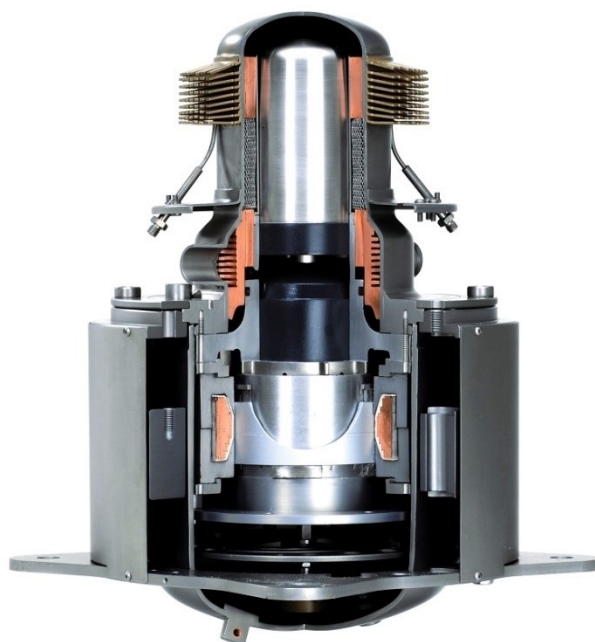
- Dobrá účinnost
- Spolehlivost
- Nižší emise škodlivých plynů
- Libovolný tepelný zdroj (sluneční energie, spalování fosilních paliv nebo biomasy)

Nevýhody Stirlingova motoru:

- Složitost zařízení
- Technická náročnost těsnění tlakového prostoru válců
- Náročná montáž



Obrázek 11 Kogenerační jednotka s Stirlingovým motorem [10]



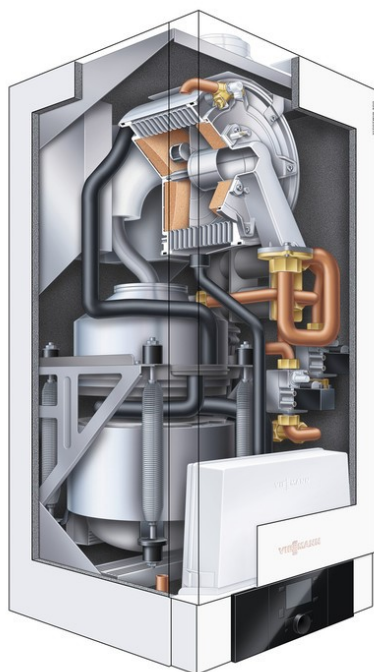
Obrázek 12 Konstrukce Stirlingova motoru [18]

1.6.3.1. Kogenerační jednotka s Stirlingovým motorem (Vitetwin 300W)

Kogenerační jednotka se skládá s integrovaného Stirlingova motoru, plynový kondenzační kotel, pro případ větší potřeby tepla, elektroměr a externí zásobník k akumulaci teplé vody. Jako palivo kogenerační jednotka využívá zemní či zkapalněný plyn. Stirlingův motor, který nevyžaduje údržbu, své odpadní teplo využije k tomu, aby téměř úplně vytápělo obytné prostory a také pro přípravu teplé vody. Pouze ve velmi chladných zimních dnech a pro rychlou přípravu teplé vody se automaticky zapne integrovaný špičkový plynový kondenzační kotel Vitodens 200-W. Elektrická energie, která je vyrobena je využita v instalované domácnosti. Výkon kogenerační jednotky je 1kW pro elektrickou energii a 26 kW tepelné energie. Integrovaný kondenzační kotel Vitodens 200-W má kolem 200 W až 20 kW.



Obrázek 13 Kondenzační jednotka Vitotwin 300-W [18]



Obrázek 14 Vnitřní složení kogenerační jednotky Vitotwin 300 [18]

2. Kogenerační jednotka jako zdroj elektrické energie

2.1. Zdroj elektrické energie

Kogenerační jednotka plní funkci náhradního zdroje při případné potřebě. Slouží především jako flexibilní vyrovnávací zdroj k proměnlivé výrobě elektrické energie ze slunce a větru. Nedílnou součástí je i v distribuční a přenosové soustavě, kde pomáhá vyrovnávat případné nedostatky při hlavních denních špičkách nebo při dopomoci náběhu bloku elektrárny. S nízkým časem pro úplné naběhnutí na plný výkon, vyšší účinností a menší potřebou prostoru dělá z kogeneračních jednotek vhodnou volbu.

2.2. Výrobci kogeneračních jednotek

Mezi výrobce kogeneračních jednotek patří firmy: Tedom, Fröling, Gentec, Cat, Viessmann. Zaměřují se převážně na výrobu kogeneračních jednotek na zemní plyn a bioplyn. Firma Fröling využívá jako palivo biomasu. Tedy hlavním pohonem většiny kogeneračních jednotek je spalovací motor. Výkony kogeneračních jednotek se liší dle typu firmy, která je vyrábí a paliva, které spaluje. Rozsahy výkonů se pohybují od 20 kW (Mikro 30 od firmy Tedom) až po 9750 kW (BOOMEL NAT GAS 10000 od firmy CAT).

Tabulka 1 Kogenerační jednotky na zemní plyn

Typ jednotky	Elektrický výkon (kW)	Tepelný výkon (kW)	Elektrická účinnost (%)	Tepelná účinnost (%)	Celková účinnost (%)
Micro 30	20	41,8	30,7	64,1	94,8
Fröling CHP50	49	107	27	56	83
KE - MNG 50 eco	50	78	34,3	53,5	87,8
BOOMEL NAT GAS 70	70	115	34,3	56,4	90,7
Cento 210	267	279	39,7	50,5	90,2
Quanto 4000	4799	5066	43,7	46,6	90,3
KE - MNG 500	529	603	40,3	46,0	86,3
BOOMEL® NAT GAS 1200	1200	1295	43,7	47,1	90,8
KE - MWMNG 4300	4300	4165	44,1	42,7	86,8
BOOMEL NAT GAS 10000	9750	9190	47,05	44,35	91,4

Tabulka 2 Kogenerační jednotky na bioplyn

Typ jednotky	Elektrický výkon (kW)	Tepelný výkon (kW)	Elektrická účinnost (%)	Tepelná účinnost (%)	Celková účinnost (%)
Mikro 30	20	41,8	29,5	62,0	91,5
Cento 210	210	241	40,4	46,5	86,9
Quuanto 2300	2300	2398	43,6	45,5	89,1
KE – MBG 30	32	51	31,9	51	82,9
KE – MBG 500	529	606	40,1	45,9	86,0
KE – MTUBG 2000	1948	1808	42,6	39,5	82,1
KE – MWMBG 3800	3770	3525	42,9	40,1	83,0



Obrázek 15 Kogenerační jednotka Micro od firmy TEDOM

3. Požadavky k pořízení kogenerační jednotky

3.1. Pořízení kogenerační jednotky

Člověk, firma či městské seskupení, všichni možní zájemci, kteří zvažují investovat vlastní kapitál k pořízení kogenerační jednotky, musí předem promyslet co vše se bude po nich požadovat. Zvážit všechny okolnosti ze strany ekonomické, technické a legislativní. Pořízení kogenerační jednotky není levnou záležitostí a administrativní záležitostí, které jsou spojeny s mnoha zákony a vyhláškami, mohou prvotně odradit. Před pořízením a následné stavby musí zadatel:

- Zažádat o připojení zdroje k distribuční soustavě u příslušného distributora elektřiny (E-ON, ČEZ, PRE)
- Mít udělení o autorizaci k výstavbě výroby elektřiny
- Mít platné stavební povolení
- Zažádat stavební odbor o povolení zkušebního provozu nebo kolaudace
- Vyřídit si licenci na výrobu elektřiny a případně i tepla
- Mít osvědčení o původu vyrobené elektřiny a tepla
- Registrovat se u operátora trhu s elektřinou
- Zajistit měření množství vyrobené energie
- Uzavřít smlouvu na výkup silové elektřiny
- Vést výkazy během provozu kogenerační jednotky
- Dodržovat požadavkům platné legislativy

3.2. Zákony a vyhlášky spojené s

Zákon č. 458/2000 Sb. o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů

Zákon č. 165/2012 Sb. o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů

Zákon č. 406/2006 Sb. o hospodaření energií

Vyhláška č. 453/2012 Sb. o elektřině z vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla a elektřině z druhotných zdrojů

Vyhláška č. 441/2012 Sb. o stanovení minimální účinnosti užití energie při výrobě elektřiny a tepelné energie

Vyhláška č. 478/2012 Sb. o vykazování a evidenci elektřiny a tepla z podporovaných zdrojů a biometanu, množství a kvality skutečně nabytých a využitých zdrojů a k provedení některých dalších ustanovení zákona o podporovaných zdrojích energie

Vyhláška č. 140/2009 Sb. o způsobu regulace cen v energetických odvětvích a postupech pro regulaci cen

Vyhláška č. 82/2011 Sb. o měření elektřiny a o způsobu stanovení náhrady škody při neoprávněném odběru, neoprávněné dodávce, neoprávněném přenosu nebo neoprávněné distribuci elektřiny

Vyhláška č. 51/2006 Sb. o podmínkách připojení k elektrizační soustavě

4. Ekonomická rozvaha pořízení a provozu kogenerační jednotky

4.1. Popis simulované budovy

Rozhodl jsem se simulovat pořízení kogenerační jednotky k našemu rodinnému domu. Rodinný dům je jednopodlažní (bungalov) s celkovou energeticky vztahnou plochou $133,80 \text{ m}^2$. Potřebná elektrická energie pro roční chod domácnosti je 5,4 MW a tepelná energie pro vytápění je 15,5 MW za rok. Měrná hodnota celkové dodané energie (energie na vstupu do budovy) činí $116 \text{ kWh/m}^2\text{rok}$. To odpovídá energetické náročnosti budovy kategorie B velmi úsporná, která je v rozmezí od 90 až $134 \text{ kWh/m}^2\text{rok}$. Hodnoty jsem zjistil z průkazu energetické náročnosti budovy vystavené podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, a vyhlášky č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov. Roční náklady na energii (elektřina a teplo) pro tento rodinný dům jsou průměrně ve výši 55209,6 Kč.

4.2. Výběr kogenerační jednotky

Pro simulaci pořízení a provoz kogenerační jednotky k objektu rodinný dům jsem zvolil dvě zařízení. Kogenerační jednotku od firmy TEDOM Micro 30 a CP25WE-TNB od firmy YANMAR. Palivem pro obě kogenerační jednotky je zemní plyn. Pořizovací částka za jednotlivou kogenerační jednotku, byla stanovena na 1M Kč. Částka byla zvolena symbolicky, skutečnou cenu nebylo možné nalézt.

Tabulka 3 Vybrané kogenerační jednotky

Kogenerační jednotka	Elektrický výkon (kW)	Tepelný výkon (kW)	Spotřeba paliva (m^3/h)
1. CP25WE-TNB	25	38,4	7,07
2. Micro 30	30	65,4	10,7

4.3. Výpočty chodu kogenerační jednotky

4.3.1. Doba chodu pro dosažení požadované elektrické energie (1. CP25WE-TNB), (2. Micro 30)

$$\begin{aligned} 1. \quad t_{el} &= \frac{S_{el}}{P_{el}} = \frac{5400}{25} = 216\text{h} \\ 2. \quad t_{el} &= \frac{S_{el}}{P_{el}} = \frac{5400}{30} = 180\text{h} \end{aligned}$$

Micro 30 musí pracovat 216h za rok a CP25WE-TNB musí pracovat 180h za rok, aby dodal potřebnou elektrickou energii pro rodinný dům.

4.3.2. Doba chodu pro dosažení požadované tepelné energie

(1. CP25WE-TNB), (2. Micro 30)

$$1. \quad t_{tep} = \frac{S_{tep}}{P_{tep}} = \frac{15500}{38,4} = 403,65\text{h}$$

$$2. \quad t_{tep} = \frac{S_{tep}}{P_{tep}} = \frac{15500}{65,4} = 237\text{h}$$

Micro 30 musí pracovat 237h za rok a CP25WE-TNB musí pracovat 403,65h za rok, aby dodal potřebnou tepelnou energii pro rodinný dům.

4.3.3. Roční výroba elektrické energie (1. CP25WE-TNB), (2. Micro 30)

$$1. \quad P_{el/rok} = P_{el} \cdot t_K = 25 \cdot 403,65 = 10,09125 \text{ MWh}$$

$$2. \quad P_{el/rok} = P_{el} \cdot t_K = 30 \cdot 237 = 7,11 \text{ MWh}$$

Dosadil jsme čas rovný výrobě tepelné energie, který je požadovaný pro splnění dodávky tepelné energie z kogenerační jednotky pro náš rodinný dům. Výrobou tepelné energie zajistíme, že náš rodinný dům nebude potřebovat dodávku tepla, protože toto zajistí kogenerační jednotka samotná. Přebytečná elektrická energie bude buď využita na pokrytí výkyvů nedostatku elektrické energie nebo bude prostřednictvím sítě prodána.

$$1. \quad P_{pře} = P_{el/rok} - S_{el} = 10,09 - 5,4 = 4,69 \text{ MWh}$$

$$2. \quad P_{pře} = P_{el/rok} - S_{el} = 7,11 - 5,4 = 1,32 \text{ MWh}$$

4.3.4. Spotřeba paliva (zemní plyn) za rok (1. CP25WE-TNB), (2. Micro 30)

$$1. \quad \ell_p = \ell_K \cdot t_K = 7,071 \cdot 403,65 = 2854,2 \text{ m}^3 / \text{rok} = 29906,3 \text{ kWh}$$

$$2. \quad \ell_p = \ell_K \cdot t_K = 10,7 \cdot 237 = 2535,9 \text{ m}^3 / \text{rok} = 26571,16 \text{ kWh}$$

CP25WE-TNB spotřebuje $2854,2 \text{ m}^3 / \text{rok}$ a Micro 30 $2535,9 \text{ m}^3 / \text{rok}$.

4.3.5. Náklady spojené s dodávkou paliva pro kogenerační jednotku

Jako dodavatele zemního plynu jsem zvolil Skupinu ČEZ. V ceníku na jejich stránkách pro období 5.2021 pro distribuční oblast GasNet jsem našel ceny plynu. Ceny jsou udávány v Kč/kWh. Pevná cena za odebraný plyn pro odběr v místě spotřeby činil 1,186 Kč/kWh a k tomu se muselo započítat i součet stálých měsíčních poplatků 372,62 Kč/měsíc. Pro CP25WE-TNB vyšli náklady na dodávku paliva na 40009,5 Kč a Micro 30 na 36051,41 Kč za rok.

Z pohledu na dobu chodu kogenerační jednotky, roční výrobou elektrické energie a spotřebě a nákladů na zemní plyn. Můžeme říct, že nám vyhovuje kogenerační jednotka CP25WE-TNB.

4.3.6. Roční náklady pro rodinný dům za energie

Náklady za elektrickou energii činí 26082 Kč a za teplo 29127,6 Kč. Celkem za energie tedy zaplatíme 55209,6 Kč za rok.

4.3.7. Prodej přebytečné elektrické energie

Pokud bychom prodávali námi vyrobenou elektrickou energii 4 MW, která nám zbývá po odečtení vlastní spotřeby. Výkupce nám nabídl pro letošní rok 2020 a budoucí 2021 výkupní cenu 1,4 Kč za MW. Činil by prodej elektrické energie této společnosti 6567,6 Kč.

4.3.8. Celkový pohled na roční platby

Ročně bychom za produkci elektrické energie kogenerační jednotky CP25WE-TNB (10,09 MW) museli platit 42009,5 Kč. 40009,5 Kč za spotřebované palivo a 2000 Kč za služby spojené s provozem. K této částce by se odečetl možný příjem za prodej elektrické energie ve výši 6567,6 Kč. Roční náklady by činili 35441,9 Kč ročně (2953,5 Kč za měsíc).

Tabulka 4 Souhrn výsledků pro kogenerační jednotky

Kogenerační jednotka	CP25WE-TNB	Micro 30
Doba pro výrobu elektrické energie	216 hodin	180 hodin
Doba pro výrobu tepelné energie	403,65 hodin	237 hodin
Roční výroba elektrické energie	10,09 MW	7,11 MW
Elektrická energie k prodeji	4,69 MW	1,32 MW
Spotřeba paliva	2854,2 m ³ /rok	2535,9 m ³ /rok

Tabulka 5 Souhrn nákladů pro rodinný dům

Rodinný dům	S kogenerační jednotkou CP25WE-TNB	Bez kogenerační jednotky
Náklady za plyn	40009,51 Kč	29127,6 Kč
Náklady za elektřinu	-	26082 Kč
Náklady za provoz	2000 Kč	-
Prodej elektrické energie do sítě	6567,6 Kč	-
Celkem	35441,91 Kč	55209,6 Kč

Rozdíl mezi cenou, co musíme zaplatit dodavateli (55209,6 Kč) a co zaplatíme s kogenerační jednotkou (35441,9 Kč) je 19767,7 Kč. Tento rozdíl bereme v potaz při výpočtu návratnosti za prvotní náklady za kogenerační jednotku. Pokud bychom počítali s cenou za pořízení kogenerační jednotky 1 milionu Kč, tak by návratnost financí byl po 50 roce. Za předpokladu, že ceny za energie zůstanou stejné, během těchto let, k dnešním cenám na trhu za energie a plyn.

5. Roční zelené bonusy pro elektřinu z kombinované výroby elektřiny a tepla (KVET)

Energetický regulační úřad vydal cenové rozhodnutí pro podporované zdroje energie na tento rok 2021. Zelený bonus pro elektřinu z plynové KVET zůstává na úrovni roku 2020. To je výsledkem vývoje na energetických trzích, kdy pokles ceny zemního plynu byl doprovázen i snižující se velkoobchodní cenou elektřiny. Výše bonusu tak nepokračuje v sestupném trendu, který vedl během let 2015-2019 k poklesu zeleného bonusu o více než jednu třetinu. Systém každoroční zvyšování bonusu tak zaručuje stabilní podmínky. Roční zelený bonus na elektřinu z kombinované výroby elektřiny a tepla se skládá ze dvou sazeb (základní a doplňkové). Doplňková sazba se vztahuje pouze na výrobní uvedených v cenovém rozhodnutí ERÚ. Výše celkové podpory na elektřinu se vypočte podle vztahu:

$$C_{zb} = E_{kvet} \cdot (ZB_{zakl.sazba} + ZB_{dopl.sazba})$$

C_{zb} celková výše podpory na elektřinu z KVET
 E_{kvet} množství elektřiny z KVET
 $ZB_{zakl.sazba}$ základní sazba zeleného bonusu
 $ZB_{dopl.sazba}$ doplňková sazba k základní sazbě zeleného bonusu

Výrobce elektřiny z KVET má nárok na roční zelený bonus na elektřinu při splnění podmínek podle jiného právního předpisu vyhlášky č. 37/2016 Sb., o elektřině z vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla a elektřině z druhotných zdrojů.

Roční zelený bonus si mohou nárokovat i výrobny, ve kterých se spaluje bioplyn nebo důlní plyn. Výrobny využívají přirozený výskyt v přírodním prostředí jako jsou mokřady nebo trávící ústrojí, v zemědělském prostředí, například při uskladnění hnoje a v odpadovém hospodářství na skládkách odpadů, v čistírnách odpadních vod a v bioplynových stanicích. Oproti výrobnám, kde je palivem zemní plyn, velikost bonusu je značně větší.

Tabulka 6 Výkupní ceny a roční zelené bonusy na elektřinu pro spalování bioplynu, skládkového plynu, kalového plynu a důlního plynu z uzavřených dolů:

ř./sl.	Podporovaný druh energie	Datum uvedení výroby do provozu		Instalovaný výkon výroby [kW]		Kategorie biomasy a proces využití	Jednotarifní pásmo provozování	
		od (včetně)	do (včetně)	od	do (včetně)		Výkupní ceny [Kč/MWh]	Zelené bonusy [Kč/MWh]
300	Spalování důlního plynu z uzavřených dolů	-	31. 12. 2012	-	-	-	3 084	2 105
301		-	31. 12. 2003	-	-	-	3 610	2 631
302	Spalování skládkového plynu a kalového plynu z ČOV	1. 1. 2004	31. 12. 2005	-	-	-	3 479	2 500
303		1. 1. 2006	31. 12. 2012	-	-	-	3 084	2 105
304		1. 1. 2013	31. 12. 2013	-	-	-	2 227	1 248
320	Spalování bioplynu v bioplynových stanicích pro zdroje nesplňující podmínku výroby a efektivního využití vyrobené tepelné energie podle bodu 1.8.3.	1. 1. 2012	31. 12. 2012	-	-	AF	3 550	2 571
321	Spalování bioplynu v bioplynových stanicích pro zdroje splňující podmínku výroby a efektivního využití vyrobené tepelné energie podle bodu 1.8.3.	1. 1. 2012	31. 12. 2012	-	-	AF	4 120	3 141
322		-	31. 12. 2011	-	-	AF	4 120	3 141
324	Spalování bioplynu v bioplynových stanicích	1. 1. 2013	31. 12. 2013	0	550	AF	3 550	2 571
325		1. 1. 2013	31. 12. 2013	550	-	AF	3040*	2061*

Velikost zeleného bonusu se liší podle instalovanému výkonu kogenerační jednotky a době ve které jednotka je v provozu. Minimální doba provozu výroby je 3000h/rok pro získání zeleného bonusu.

Tabulka 7 Základní sazba ročního zeleného bonusu na elektřinu z KVET pro výrobu elektřiny s celkovým instalovaným výkonem kogeneračních jednotek do 5 MWe [24]

ř./sl.	Podporovaný druh energie	Datum uvedení výroby do provozu		Instalovaný výkon výroby [kW]		Provozní hodiny kogenerační jednotky [h/rok]	Zelené bonusy [Kč/MWh]
		od (včetně)	do (včetně)	od	do (včetně)		
ř./sl.	a	b	c	f	g	k	m
700		-	31. 12. 2021	0	200	3 000	1 022
701	Elektřina z KVET s výjimkou elektřiny z KVET vyrobené ve výrobně elektřiny podporované podle bodu (1) a/nebo (2.1.) cenového rozhodnutí a s výjimkou elektřiny z KVET vyrobené ve výrobně elektřiny spalující komunální odpad	-	31. 12. 2021	0	200	4 400	602
703		-	31. 12. 2021	200	1 000	3 000	656
704		-	31. 12. 2021	200	1 000	4 400	289
706		-	31. 12. 2021	1 000	5 000	3 000	367
707		-	31. 12. 2021	1 000	5 000	4 400	58
709	Elektřina z KVET vyrobená ve výrobně elektřiny současně podporované podle bodu (1) a/nebo (2.1.) cenového rozhodnutí a elektřina z KVET vyrobená ve výrobně elektřiny spalující komunální odpad	-	31. 12. 2015	0	5 000	8 400	45

Tabulka 8 Doplnková sazba k základní sazbě ročního zeleného bonusu za veškerou elektřinu z KVET [24]

ř./sl.	Podporovaný druh energie	Datum uvedení výroby do provozu		Instalovaný výkon výroby [kW]		Kategorie biomasy a proces využití	Zelené bonusy [Kč/MWh]
		od (včetně)	do (včetně)	od	do (včetně)		
ř./sl.	a	b	c	f	g	k	m
770	Výroba elektřiny spalující čistou biomasu	1. 1. 2013	31. 12. 2013	0	5 000	O	100
772	Výroba elektřiny spalující (samostatně) plyn ze zplyňování pevné biomasy	1. 1. 2013	31. 12. 2015	0	2 500	O	455
774	Výroba elektřiny spalující bioplyn v bioplynové stanici	1. 1. 2013	31. 12. 2013	0	2 500	AF	455
777	Výroba elektřiny spalující důlní plyn	1. 1. 2013	31. 12. 2015	0	5 000	-	455
778	Výroba elektřiny spalováním komunálního odpadu nebo společným spalováním komunálního odpadu s různými zdroji energie	-	31. 12. 2012	0	5 000	-	155
779	Výroba elektřiny spalující (samostatně) plynné palivo s výjimkou OZE a DZ	-	31. 12. 2021	0	5 000	-	455

6. Instalované kogenerační jednotky v ČR

Kogenerační jednotky mají dnes široký okruh možné instalace.

Velké kogenerační jednotky se převážně instalují v blízkosti objektů jako jsou obchodní domy, kanceláře, domy s pečovatelskou službou, zařízení pro volný čas. V těchto objektech zaručují jednotky zásobu tepla během jejich provozu. Během provozu kogenerační jednotky mohou žádat o dotace, pokud splní požadavky určeným ERÚ.

Menší kogenerační jednotky typu palivových článků či s Stirlingovým motorem jsou v dnešní době více technologicky vyspělé, než byli před 7-10 lety. O jejich využití v domácnostech se v dnešních dobách více uvažuje. Dnešní době je brán větší důraz na ekologii a platit za energie méně. Mikrokogenerační jednotky jsou schopny pokrýt spotřebu tepla v průměrné budově a pokryje základní zatížení potřebné elektrické energie. Jedna z takových je jednotka Vitotwin 300 W, která je dimenzovaná na moderní topení v průměrných rodinných domech. Případný nedostatek elektrické energie se odebírá od dodavatele elektrické energie. Při vhodné instalaci je Vitotwin schopen ušetřit náklady na 5,5 tisíce za kW elektrické energie ročně (při ceně cca 5 Kč/kWh je to cca 27 500 Kč/rok). [27]

Zájem o kogenerační jednotky je úměrný tomu, jak se mění cena za energie a v jaké výši bude ERÚ nastavovat zelený bonus pro KVET.

6.1. Kogenerační jednotka v Novém Boru

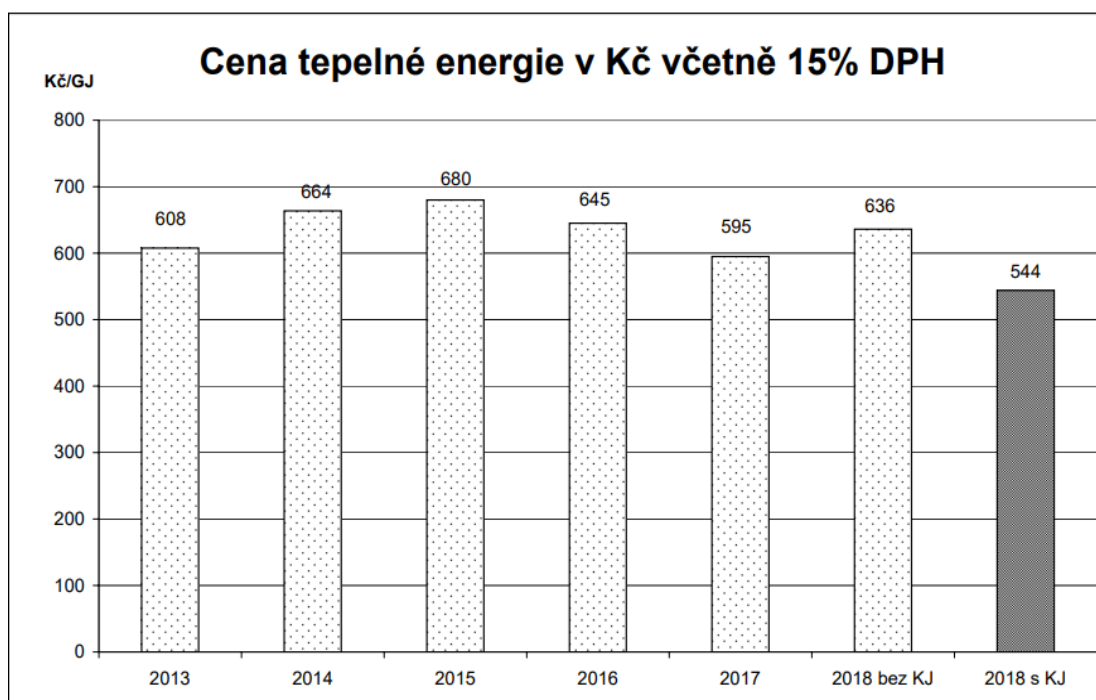
Dvě kogenerační jednotky pro Nový Bor přitom dosáhnou celkového výkonu 2 200 kWe. Větší z nich o výkonu 2000 kWe je umístěna v kotelně Wolkerova, druhá o výkonu 200 kWe se nachází v kotelně v ulici Rumburských hrdinů. Zde šlo také o stabilní dodávku tepla za garantované ceny. Kogenerační jednotky jsou schopny dodávat ročně 24 700 GJ tepla [29]

6.2. Kogenerační jednotka v Lišově

Základní, mateřskou školu a blízkých bytových domů v Lišově u Českých Budějovic zásobuje teplem kogenerační jednotka od firmy TEDOM Cento 200 s instalovaným výkonem 200 kWe. A 250kWtep. Ročně vyrobí 2 500 GJ tepla, což můžeme přirovnat k zásobování teplem 160 domácností po celý rok. [28]

6.3. Kogenerační jednotka v Chrástavě

V městě Chrástava instalovali kogenerační jednotku 1.2. 2018 byla poprvé spuštěna do provozu. Město pořízení kogenerační jednotky chtělo snížit cenu za teplo pro místní obyvatele. Výkon instalované jednotky byl 600kW s předpokladem výroby 9000 GJ tepla a akumulátorem tepla o objemu 60 m³. Dodává teplo pro přilehlé objekty (škola, kino, kulturní centrum, domy s pečovatelskou službou, sportovní hala, radnici i sídliště Střelecký Vrch). Očekávaný pokles ceny za GJ ve výši 10 až 15 %. [26]



Obrázek 16 Výše cen tepla od roku 2013 v městě Chrastava [26]



Obrázek 17 Kogenerační jednotka ve městě Chrastava

7. Závěr

Dle zadání jsem na začátku práce vysvětluji, co pojem kogenerace znamená, princip fungování kogenerační jednotky, její výhody a nevýhody, možné využití a jaká paliva kogenerační jednotka používá. Kogenerace má velký přínos v účinnosti využití paliva a teplých spalinových plynů pro výrobu tepla a elektřiny. Fungování kogeneračních jednotek jsem vysvětlil na jednotlivých druzích a k druhu uvedl jeden určitý typ takové jednotky, která je nabízena na dnešním trhu.

Dále jsem v kapitole 2. v tabulce 1. a 2. uvedl pár kogeneračních jednotek od světových firem, které se výrobou kogeneračních jednotek zabývají (u nás nejznámější firma TEDOM). Kogenerační jednotky jsou řazeny podle instalovaných výkonů od nejmenší po největší.

V hlavní části práce se zabývám možností pořízení kogenerační jednotky pro náš rodinný dům. Vzhledem k výsledkům můžu konstatovat, že instalace kogenerační jednotky by nebyla pro nás velkým přínosem. Velký vliv na tom má dlouhá doba návratnosti vstupní investice a plocha, kterou musí kogenerační jednotka umět vytápět. Návratnost investic je až za 50 let. A 50 let je dost dlouhá doba na to, abychom počítali s příznivou cenou za plyn pro kogenerační jednotku a výkupní cenou za elektrickou energii. Ceny se během let můžou mnohokrát zvýšit ale i snížit, což uvítáme pro výkup plynu ale pro prodej elektrické energie ne. Spoléhat se na neměnnost cen na 50 let dopředu je nemyslitelná.

Co se týče plochy vytápění. Průměrná rozloha rodinných domů se dnes pohybuje od 80 m^2 do 100 m^2 . Pokud by náš rodinný dům měl průměrnou plochu dnešních domů, výsledná cena za náklady spojené se spotřebou paliva pro kogenerační jednotky se sníží a sníží se i celková částka za provoz kogenerační jednotky.

Možnost, jak více snížit náklady na provoz, je využít ročního zeleného bonusu pro výrobu elektrické energie z kombinované výroby elektřiny a tepla, což ale znamená, že kogenerační jednotka musí být v provozu minimálně 3000 h ročně. Za tuhle dobu, avšak kogenerační jednotka vyprodukuje velké množství tepla, které nejsme schopni sami využít. Malou část sice můžeme spotřebovat pro vytápění bazénu nebo zahradního domku ale velkou část nevyužijeme. Možnost, jak toto přebytečné teplo využít je, že se domluvíme s okolními majiteli domů, zda by odebírali přebytečné teplo od naší kogenerační jednotky. Teplo by spotřebovali pro vytápění domu nebo pro ohřev vody. Náročnost této možnosti pro nás majitele je však značná. Stavební a administrativní úkony spojené s propojením přívodu tepla k ostatním, znamená další náklady navíc. Sníží se náklady za provoz jednotky, ale zvýší se náklady za pořízení kogenerační jednotky. Pořídit si tedy kogenerační jednotku pro vlastní dodávku tepelné a elektrické energie bez dodávky elektřiny a tepla od místních dodavatelů je zatím nemožná. Dnes menší kogenerační jednotky typu palivový článek nebo se stirlingovým motorem jsou nastavené tak, aby dodávali potřebné teplo pro vytápění a k ohřevu vody ale vyrobená elektřina stačí jen k pokrytí špiček nebo malé spotřeby v domácnosti. Elektrickou energii musí stále majitelé kupovat od místních dodavatelů s energií.

S pořízením kogenerační jednotky se dnes převážně uvažuje v místech jako jsou vesnice, části města nebo továrenské prostory. Města nebo firmy nemají problém najít prostředky k pořízení kogenerační jednotky. Předem uvažují na využití tepelné energie pro více objektů a rychlejší návratnosti investic. Instalované kogenerační jednotky ve městech nebo v průmyslu mají mnohem větší výkony a slouží, jako zdroj tepla pro blízké objekty (školy, tělocvičny, byty, kulturní centra, kancelářské prostory). Jeden z příkladů této volby k pořízení kogenerační jednotky je město Chrástava. Kogenerační jednotky jsou s ohledem na ekologickou stránku více šetrné k životnímu prostředí. A jejich využití se může časem zvýšit s ohledem na bonusy při výrobě z těchto zdrojů a ceně za jednotlivé energie.

Seznam použité literatury

- [1] O kogeneraci | ČEZ Energo. ČEZ Energo [online]. Dostupné z: <https://www.cezenergo.cz/cs/o-kogeneraci>
- [2] KRBEK, Jaroslav a Bohumil POLESNÝ. Kogenerační jednotky - zřizování a provoz. 1. Praha: GAS, 2007. GAS. ISBN ISBN978-80-7328-151-9.
- [3] Domestic CHP units - CORE Reader. CORE – Aggregating the world's open access research papers [online]. Dostupné z: <https://core.ac.uk/reader/30306020>
- [4] Kogenerace - princip, technologie a výhody. oEnergetice.cz - denní zpravodajství z energetiky [online]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektrina/kogenerace-princip-technologie-a-vyhody>
- [5] Kogenerační jednotky - WOLF Vytápění. WOLF - Váš dodavatel systémů pro nejlepší vnitřní klima [online] 2021 WOLF GmbH [cit. 23.04.2021]. Dostupné z: <https://czech.wolf.eu/portalprofi/katalog-vyrobku/kogeneracni-jednotky/>
- [6] EkoWATT :: Informace :: Kombinovaná výroba elektřiny a tepla. EkoWATT [online]. EkoWATT [cit. 23.04.2021]. Dostupné z: <https://old.ekowatt.cz/cz/informace/kombinovana-vyroba-elektriny-a-tepla>
- [7] Palivový článek a kogenerační jednotky. Topné, průmyslové a chladicí systémy | Viessmann Česká republika [online]. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/rady-a-tipy/palivovy-clanek-a-kogeneracni-jednotka.html>
- [8] Palivové články – princip funkce a dělení. oEnergetice.cz - denní zpravodajství z energetiky [online]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/akumulace-energie/palivove-clanky-princip-funkce-a-deleni>
- [9] MPO Efekt. MPO Efekt [online]. [cit. 23.04.2021]. Dostupné z: <https://www.mpo-efekt.cz/cz/programy-podpory/efekt/publikace/879>
- [10] DVORSKÝ, Emil a Pavla HEJTMÁNKOVÁ. Kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie. Praha: BEN - technická literatura, 2005. ISBN 80-7300-118-7.
- [11] Stirlingův motor – Wikipedie. [online]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Stirling%C5%AFv_motor
- [12] KOUDELKA, Ctirad. 2004. Kogenerační jednotky [online]. Ostrava [cit. 23.04.2021]. Dostupné z: <https://www.sunfin.cz/file/kogeneracni-jednotky-vs-b-tu-ostava.pdf>
- [13] Kogenerační jednotky - Zeppelin CZ. 302 Moved Temporarily [online]. [cit. 23.04.2021]. Dostupné z: https://zeppelin.cz/cs/site/energeticke-sys/es_kogenerace.htm?gclid=Cj0KCQiA9P_BRC0ARIsAEZ6irjSZhr_CVmJZHwOwZIUocakJCY8t0bkSM6i1JzeBhseoyNtA6TjQ4aAmjcEALw_wcB
- [14] Kogenerační jednotka CHP50 - Fröling CZ. Fröling - Kotle na dřevo, pelety, štěpku [online]. Dostupné z: <https://www.froeling.cz/products/kogeneracni-jednotka-chp50/>
- [15] KOGENERACE TEDOM - TEDOM. [online]. [cit. 23.04.2021]. Dostupné z: <https://www.tedom.com/wp-content/uploads/2019/06/Bro%C5%BEura-Kogenerace-po-str%C3%A1nk%C3%A1ch.pdf>
- [16] Kogenerační jednotky GENTEC – kogenerace, trigenerace, mikrokogenerace - GENTEC. Kogenerační jednotky GENTEC – kogenerace, trigenerace, mikrokogenerace - GENTEC [online]. Dostupné z: <https://www.gentec.cz/>

- [17] Gas Turbine Parts: Fast Basic Guide about Components | Linquip. Industrial equipment platform for buyers, suppliers and service providers [online]. All Right Reserved By Linquip Co. [cit. 23.04.2021]. Dostupné z: <https://www.linquip.com/blog/gas-turbine-parts-components/>
- [18] How Vitovalor 300-P works | Viessmann. The UK's Most Reliable Boilers & Heating | Viessmann [online]. Dostupné z: <https://www.viessmann.co.uk/products/combined-heat-and-power/fuel-cell/vitovvalor/how-vitovvalor-works>
- [19] Waste to Energy - OPRA Gas Turbine. Opra Optimal Radial Gas Turbines | Driving The World's Energy Transition [online]. Copyright 2021 OPRA Turbines All Rights Reserved [cit. 23.04.2021]. Dostupné z: <https://www.opraturbines.com/solution/waste-to-energy/>
- [20] Kogenerační jednotka. Brno, 2008. Bakalářská práce. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. Vedoucí práce Doc. Ing. JAN FIEDLER, Dr.
- [21] <https://vytapieni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/138-porovnani-nakladu-na-vytapieni-teplou-vodu-a-elektrickou-energii-tzb-info>
- [22] ERÚ - Archiv. 301 Moved Permanently [online]. [cit. 23.04.2021]. Dostupné z: http://www.eru.cz/cs/poze/cenova-rozhodnuti/platna-cenova-rozhodnuti/archiv?p_p_id=101_INSTANCE_SP6vkuZgEIPC&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-3&p_p_col_pos=1&p_p_col_count=2&101_INSTANCE_SP6vkuZgEIPC_delta=10&101_INSTANCE_SP6vkuZgEIPC_keywords=&101_INSTANCE_SP6vkuZgEIPC_advancedSearch=false&101_INSTANCE_SP6vkuZgEIPC_andOperator=true&p_r_p_564233524_resetCur=false&cur=3
- [23] KADRNOŽKA, Jaroslav, OCHRANA, Ladislav. Teplárenství. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2001, 178 s. ISBN 80-7204-222-X.
- [24] ERÚ - Cenové rozhodnutí č. 7/2020 - Detail článku. 301 Moved Permanently [online]. [cit. 23.04.2021]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/-/cenove-rozhodnuti-c-7-2020?inheritRedirect=true>
- [25] Jak funguje kogenerační jednotka | ČEZ Energo. ČEZ Energo [online]. Dostupné z: <https://www.cezenergo.cz/cs/o-kogeneraci/jak-funguje-kogeneracni-jednotka>
- [26] Chrastava 2017. [online]. Dostupné z: http://www.chrastava.cz/2017/teplo_eon.htm
- [27] Vitotwin 300 W | Kamnářství Pešek. Prodej kotlů, krbů a kamen Kamnářství Pešek Vamberk [online]. 2021, Kamnářství Pešek [cit. 23.04.2021]. Dostupné z: <http://www.vytapime.eu/vitotwin-300-w>
- [28] E.ON kogenerační jednotka v Lišově - YouTube. YouTube [online]. 2021 Google LLC [cit. 23.04.2021]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=PLwPjIMauRc&ab_channel=E.ON%C4%8Cesk%C3%A1republika
- [29] V Novém Boru vyrostly dvě kogenerační jednotky, město má do budoucna zajištěno teplo a nestálo ho to ani korunu | Skupina ČEZ - O Společnosti. Skupina ČEZ [online]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/pro-media/tiskove-zpravy/v-novem-boru-vyrostly-dve-kogeneracni-jednotky-mesto-ma-do-budoucna-zajisteno-teplo-a-nestalo-ho-to-ani-korunu-66996>
- [30] Optimální velikosti místností pro rodinný dům | MD architekti. MASTER DESIGN: architekti Praha, Ostrava, Olomouc [online]. Copyright © 2010 [cit. 23.04.2021]. Dostupné z: <https://www.master-design.cz/blog/dokonaly-dum/optimalni-velikosti-mistnosti>
- [31] Nové cenové rozhodnutí ERÚ pro POZE na rok 2021 - TEDOM. [online]. Dostupné z: <https://www.tedom.com/cs/nove-cenove-rozhodnuti-eru-pro-poze-na-rok-2021/>
- [32] ELUC. ELUC [online]. Dostupné z: <https://eluc.ikap.cz/verejne/lekce/2075?PageSpeed=noscript>

[33] Výklad - Energetika zblízka - Svět energie.cz. Svět Energie - Svět energie.cz [online]. Moreno Soppelsa [cit. 23.04.2021]. Dostupné z: <https://www.svetenergie.cz/cz/energetika-zblizka/decentralizovana-energetika/decentralizovane-energeticke-zdroje-podrobne/kogeneracni-a-trigeneracni-jednotka/vyklad>

[34] 9F Gas Turbine | 9F.03/9F.04/9F.05 | GE Gas Power. GE.com | Building a world that works | General Electric [online]. Copyright © 2021 General Electric [cit. 23.04.2021]. Dostupné z: <https://www.ge.com/gas-power/products/gas-turbines/9f>

[40] How Vitocalor 300-P works | Viessmann. The UK's Most Reliable Boilers & Heating | Viessmann [online]. Dostupné z: <https://www.viessmann.co.uk/products/combined-heat-and-power/fuel-cell/vitocalor/how-vitocalor-works>

[41] MPO Efekt. MPO Efekt [online]. Copyright © [cit. 23.04.2021]. Dostupné z: <https://www.mpo-efekt.cz/cz/programy-podpory/efekt/publikace/48331>

[42] <https://www.psp.cz/sqw/hp.sqw>